第8卷 第1期
2016年2月
土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture
Vol. 8 No. 1
Feb. 2016

BIM 技术在双曲薄壳混凝土屋面施工中的应用

黄宗贵[1] 张明亮[1,2] 周 瑾[1] 李 赛[1] 李鹏慧[1] 阳 超[1]

(1. 湖南省第六工程有限公司,长沙 410015; 2. 吉首大学城乡资源与规划学院,张家界 427000)

【摘 要】隆平水稻博物馆建设项目在施工过程中,采用BIM技术对双曲薄壳混凝土屋面的支模、工程量统计、施工测量起到了科学的指导作用;采用iBan移动应用技术,使项目管理更加广泛、透明、高效、快捷。通过BIM技术的施工应用,显著缩短了工期,节约了成本,获得了较好的社会效益和经济效益。

【关键词】BIM; 双曲屋面; 工程应用; 信息化; 项目管理

【中图分类号】TU17 【文献标识码】A 【文章编号】1674-7461(2016)01-0015-07

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2016.01.03

1 引言

BIM,即Building Information Modeling,是以建筑物三维数字化为载体、以建筑物全生命周期为主线,将建筑产业链各个环节所需要的信息关联起来而形成的建筑物信息集,对建筑前期项目设计、中期工程施工、后期物业运营等阶段进行管理、协调的过程,它具有可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性等特点。近年来,随着国内建筑业的快速发展,BIM技术在我国工程建设领域得到越来越广泛的认同和应用[1-14]。国家住建部以及一些省市已出文对BIM技术的应用进行了推荐性的指导与建议[15-20]。BIM技术作为一种新一代创新性的计算机辅助设计工具与生产方式,成为建设信息化技术在建筑业的直接应用,是将传统粗放型的建筑业向精细、高效、统一转变的一场技术革命,这次技术革命被称为是建筑业继20世纪甩掉手工绘图板向CAD技术转变后的又一次重大的技术突破。

2 工程概况

隆平水稻博物馆位于长沙市隆平新区,浏阳河东岸,属于中国首个水稻博物馆,为湖南省重点建设项目。建筑造型呈7粒谷粒状(如图1所示),总建筑面积为1.93万m^2,整体由1栋博物馆主体建筑、1栋博物馆配套用房及1个独立地下车库组成。博物馆主体建筑地上二层、地下一层,配套用房地上二层、地下一层,独立地下车库为地下一层。工程结构类型为框架结构,屋面采用双曲薄壳混凝土板,变截面弧梁、曲线梁,设置大量直角梯形柱,展厅最大净高19.6m,施工难度较大。采用传统施工技术耗时耗材,且很难达到设计质量要求,特别是双曲屋面混凝土梁板的施工。

此外,采用传统的工程算量工具无法精确进行双曲屋面的模板展开面积、钢筋及混凝土用量的统计。针对上述特点,公司在该项目的投标阶段便采用了BIM技术,图2-5为博物馆各专业BIM模型图。由于篇幅有限,本文仅介绍BIM技术在本工程双曲薄壳混凝土屋面施工中的应用。本工程双曲薄壳混凝土屋面存在的主要技术特点及难点如下:

(1)双曲薄壳混凝土屋面测量定位体系复杂,屋面梁板任意两个剖面曲率均不相同,结构梁板曲线各处不一,施工测设难度极大;

【作者简介】 黄宗贵(1978-),男,硕士,高级工程师,注册建造师。主要从事施工项目管理及BIM技术应用工作。
张明亮(1983-),男,工学博士,工程师,注册建造师。主要从事建筑结构抗风、钢结构设计与研究、施工监测、施工技术管理及BIM技术应用工作。

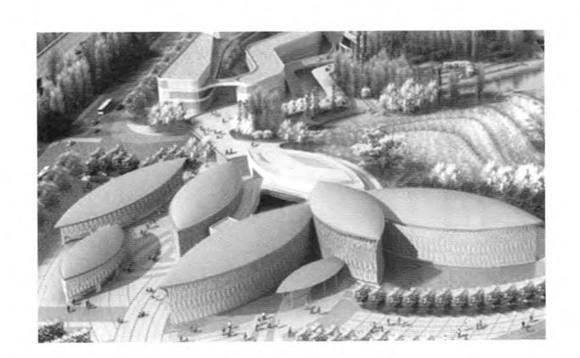


图 1　工程效果图

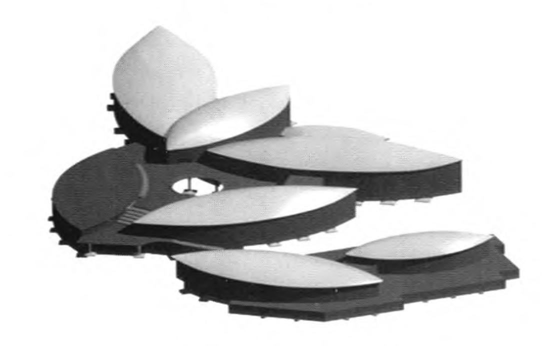


图 2　BIM 建筑模型

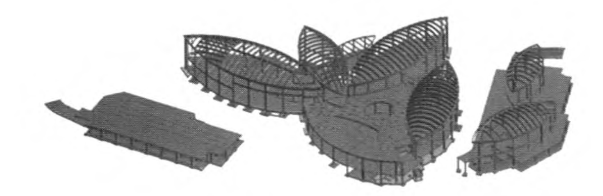


图 3　BIM 结构模型

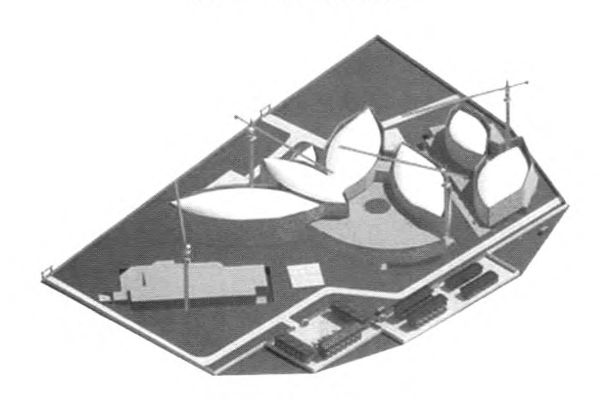


图 4　BIM 施工模型

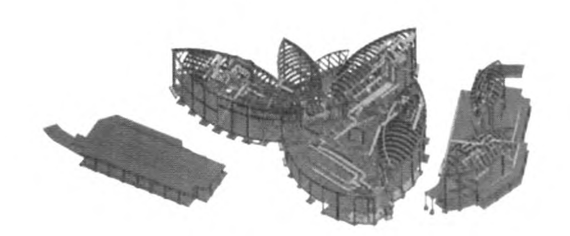


图 5　BIM 管道安装模型

（2）屋面各点标高难以控制，支模架立杆高度不一致，屋面梁板各部位支撑钢管、钢筋、模板下料定尺难度极大，且定位难度大；梁板支模水平向钢管必须根据屋面弧度进行弯曲，部分板块下钢管弯曲后还应进行切割；

（3）双曲屋面支模体系的模板展开面积、钢筋用量、混凝土用量等工程量计算难度极大，用传统的计量工具计算精度不够，且不利于项目成本把控。

3　BIM 技术应用

3.1　施工前准备阶段

项目施工前，项目部便成立 BIM 工作站，进行相应技术人员的培训与软硬件的配备，制定 BIM 工作计划，见表 1。工作站根据项目的实际需求配置 BIM 软件，其中以 Revit 和广联达为主，其它软件为辅，见表 2。工作站硬件配置本着满足日常所有需求的前提下，合理安排项目部资源，配置较好的工作站硬件设备，主要硬件参数详见表 3。

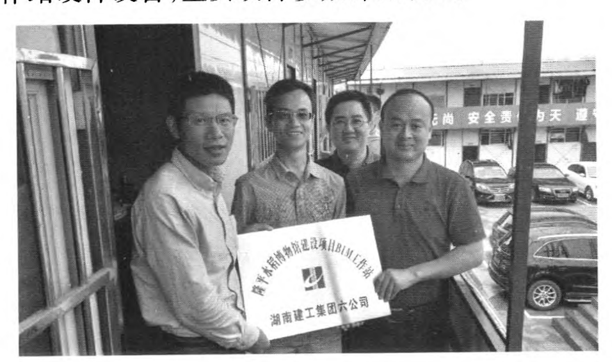


图 6　项目部 BIM 工作站挂牌

3.2　BIM 技术的具体实施

3.2.1　由于本工程双曲薄壳屋面造型复杂，项目建模环境选用相对自由灵活的概念体量环境。

1）在立面中按轴线位置设置参照平面，并按设计标高设置参照点；

2）在立面中设置屋檐下口参照面并选定其为工作平面切换至楼层平面中；

3）在楼层平面中按设计图纸要求在相应轴线处设置平面参照点；

4）在立面中依次设置轴线处的参照平面为工作平面并切换至三维模式，用模型线将同一平面的三个参照点绘制成弧；

5）选取各断面的模型线弧并拟合生成薄壳双曲屋面模型；

表 1 项目 BIM 工作站工作计划

阶段	工作	内容	时间
投标阶段	基于 BIM 的投标方案	建立投标模型,以模型为基础编制投标方案、突出工程重点,展现工程面貌,清晰的表达施工进度安排、质量安全文明施工。	招投标阶段
准备阶段	人才培养及设备配置	本阶段人才培养为重点工作,技术与商务应掌握相关基础软件,并能灵活应用,工作站软硬件按项目实际要求配置。	施工准备
实施阶段	模型建立	通过建设单位提供的施工蓝图进行模型建立,并进行各专业碰撞检查,找出图纸设计问题。	接收图纸后
	辅助设计优化	出具碰撞报告与建设单位、设计单位进行沟通,提出设计优化建议,辅助进行设计优化,减少返工,节约成本。	
	场地布置	通过 BIM 软件帮助项目在规划阶段评估场地的使用条件和特点,从而做出针对项目的最理想的场地规划、交通流线组织关系、施工布局等关键决策。	场地规划阶段
	施工方案优化	通过模型可视化的特点以辅助施工组织设计,模型中资料更全面,方便进行施工方案优化。	施工方案阶段
	施工模拟及优化	通过 BIM 模型进行施工进度模拟,通过模拟的过程辅助进度优化。	施工方案阶段
	可视化交底	通过 BIM 软件对常用施工工艺进行三维可视化的交底,更清晰、更直白地展现施工方法,解析施工方案,表明质量控制要求等。	施工阶段
	手持端应用	手持端大大地方便了管理人员对项目模型、资料信息的管理和查看,及项目现场情况的了解和把控。避免了信息的流失等问题。	施工阶段
	资料挂接	打破以往传统的大量纸质资料的模式,优化资料管理的系统,方便前期施工,后期结算。	施工阶段
	工程量统计	通过 BIM 获得的准确的工程量统计可以用于前期设计过程中的成本估算、在业主预算范围内不同设计方案的探索或者不同设计方案建造成本的比较,进行异形构件的精确工程量计算,便于材料调配、成本核算与结算对量。	施工阶段
	施工现场配合	利用 BIM 技术建立现场各方交流的沟通平台,可以让项目各方人员方便地协调项目方案,论证项目的可造性,及时排除风险隐患,减少由此产生的变更,从而缩短施工时间,降低由于设计协调造成的成本增加,提高施工现场生产效率。	施工阶段
总结阶段	研究课题总结	总结 BIM 技术应用成果,编制成果总结报告,进行特殊施工工艺及工法申请。	施工总结阶段

表 2 BIM 工作站软件配置表

类别	软件名称
技术类	Revit2015
	Navisworks
商务类	广联达土建算量
	广联达钢筋算量
	BIM5D

表 3 BIM 工作站硬件配置表

硬件名称	型号
处理器	Core(TM)i7 -4790K CPU @ 4.00GHz
内存	16GB
显卡	NVIDIA Quadro K2000
主硬盘	2TB
操作系统	WIN7 64 位

6)载入项目环境生成实体并设置剖面获取各个剖面数据。

3.2.2 运用 Revit 建模软件内部体量环境建立精确模型,通过 3 点定圆弧的方式绘制各轴线位置屋面定面轮廓,导入项目环境通过面屋顶工具生成弧形屋面。建立精确 Revit 模型后,输出精确模型数据,提前制作实体支模样板,预先解决施工操作重点及难点。

3.2.3 在精确的模型上提取准确信息,进行材料准确定尺下料及材料的预加工。

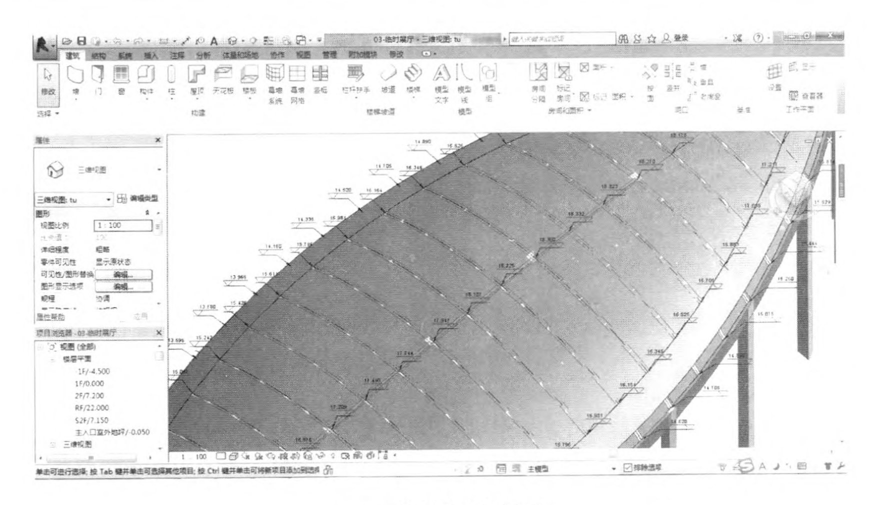
1)根据支模立杆平面位置提取准确的标高信息,扣除板厚及支模体系的厚度得出每根立杆的高度,对每根立杆进行预拼接,需要切割钢管的进行预加工;

2)根据模型提取每根钢筋的长度与弧度信息,根据下料原则进行下料与弯曲;

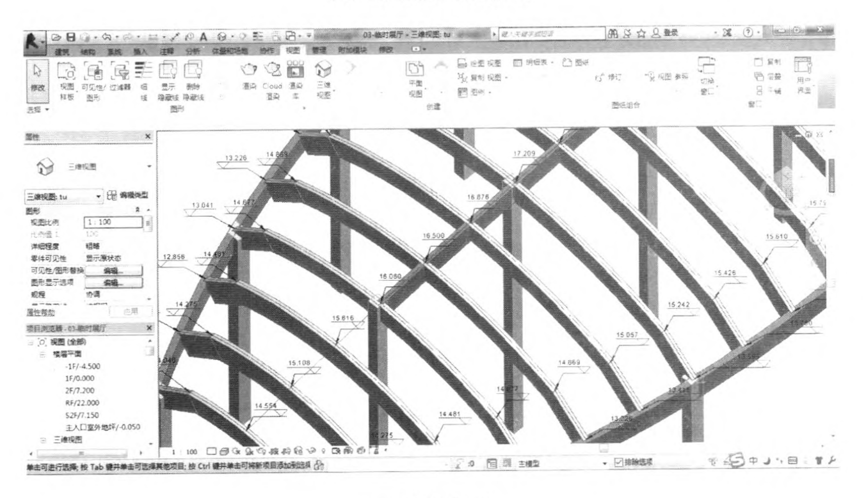
3)根据三维模型进行模板预拼接,再按照模板规格进行分割,提前对模板进行定尺下料。

由于各双曲屋面混凝土梁板曲率半径、标高等均不同,提前导出各特征面标高和平面坐标明细表、相关数据及图纸,并委派专人跟踪指导施工人员进行支模作业,随时验收上一道工序,及时整改。图 7 为双曲混凝土屋面梁板 BIM 模型及各曲梁截面标高示意图。

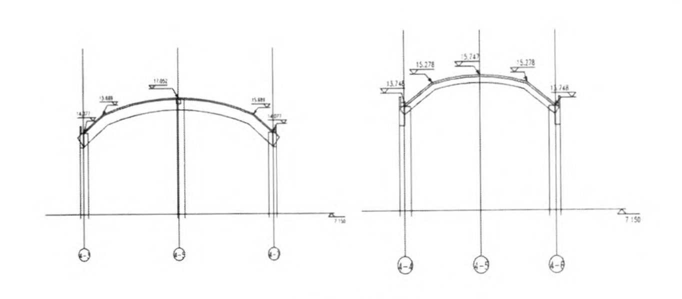
双曲薄壳混凝土屋面支模目前国内外应用较



(a)双曲混凝土板模型



(b)曲梁模型



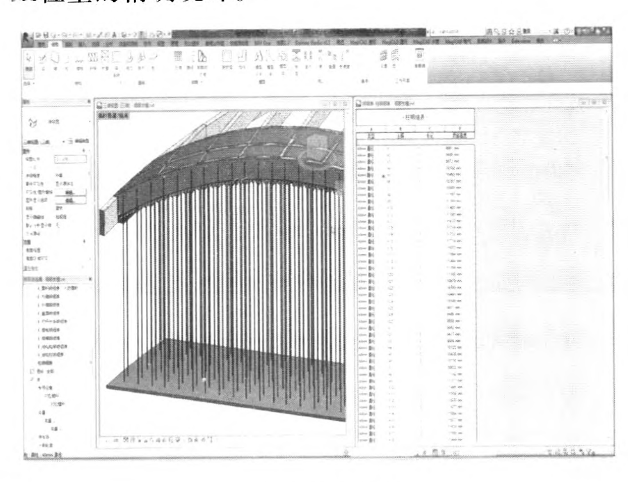
(c)曲梁剖面

图7 双曲屋面混凝土梁板标高示意图

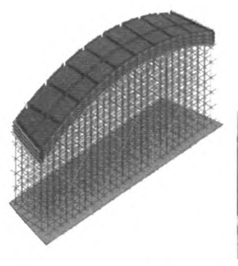
少,正式施工前,根据BIM模型及各梁纵向剖图搭设样板,保障施工质量,有效地指导了现场施工;同时也缩短了施工工期,减少了现场架管的随意切割浪费,节约了成本。

3.3 工程量统计

根据本项目的建筑特点,从基础到屋面以下构件结构形式较普通,利用传统软件建模即可解决项目施工的需求。而屋面采用双曲薄壳型混凝土结构,传统的算量软件已经无法处理这种形状的结构体系,本项目采用Revit建立模型,斯维尔Revit三维算量软件直接利用Revit模型进行计算,来处理工程量的精确统计。



(a)架管材料明细表



(b)高支模模型



(c)样板搭设

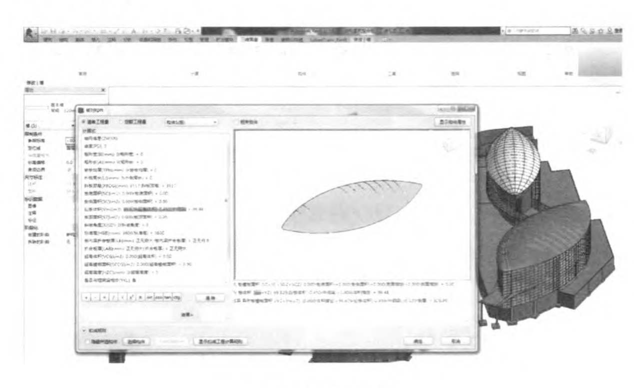




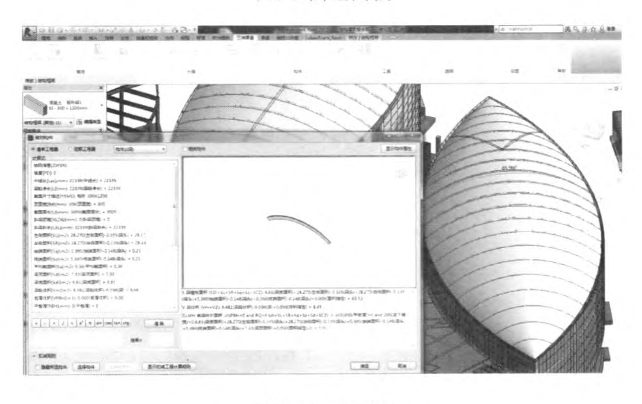
(d)屋面梁板支模及钢筋绑扎

图 8 双曲屋面混凝土梁板 BIM 技术应用

通过 BIM 相关软件可准确进行工程量的统计，用于设计过程中的成本估算、以及施工开始前的工程量预算和施工完成后的工程量决算，同时进行异形构件的精确工程量计算，便于材料调配、成本核算与结算。



(a)双曲屋面板



(b)屋面曲梁

图 9 双曲屋面混凝土梁板工程量统计

3.4 施工测量

本工程双曲薄壳混凝土屋面支模体系的空间定位较为复杂，采用传统测量定位难以满足质量要求，施工期间采用 BIM 技术，为保证现场主轴线控制精度，以及现场施工的通视要求，选取主轴线时特意避开各类构筑物，并保证满足最基本的测量原则：后视长前视短。屋面模型主轴线选取如图 10 所示。

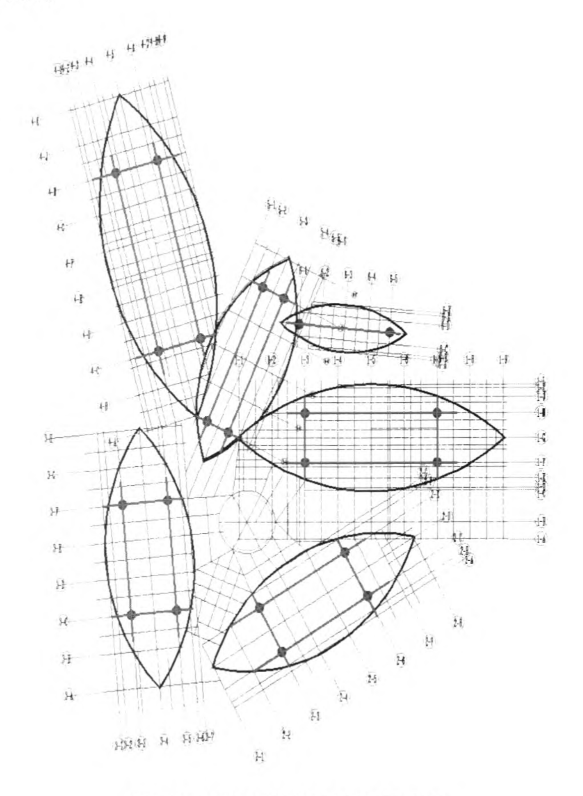
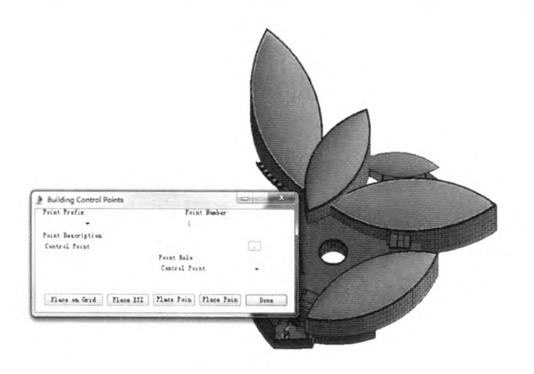


图 10 BIM 技术轴线测量定位

利用"Point Layout"插件在向导模型上拾取特征点，获取各特征点的三维坐标。屋面混凝土梁板支模施工时，测量人员根据 BIM 模型导出的各特征点三维坐标进行双曲屋面的准确定位，科学地指导了现场施工。

3.5 BIM5D 应用

项目施工期间以 BIM 平台为核心，集成土建、机电、幕墙等各专业模型，并以集成模型为载体，关联施工过程中的进度、合同、成本、质量、安全、图纸、物料等信息，利用 BIM 模型的形象直观、可计算分析的特性，为项目的进度、成本管控、物料管理等提供数据支撑，协助管理人员有效决策和精细管理，从而达到减少施工变更，缩短工期、控制成本、提升质量的目的。



(a)选取特征点

POINT NUMBER	X	Y	Z
1	56343.220	98597.118	17.058
2	56336.110	98592.645	17.856
3	56328.993	98588.167	18.270
4	56321.890	98583.699	18.300
5	56314.780	98579.226	17.946
6	56307.670	98574.753	17.208
7	56300.560	98570.280	16.078
8	56293.450	98565.807	14.552
9	56286.340	98561.334	12.620

(b)获取坐标

图 11　BIM 技术在施工测量中应用

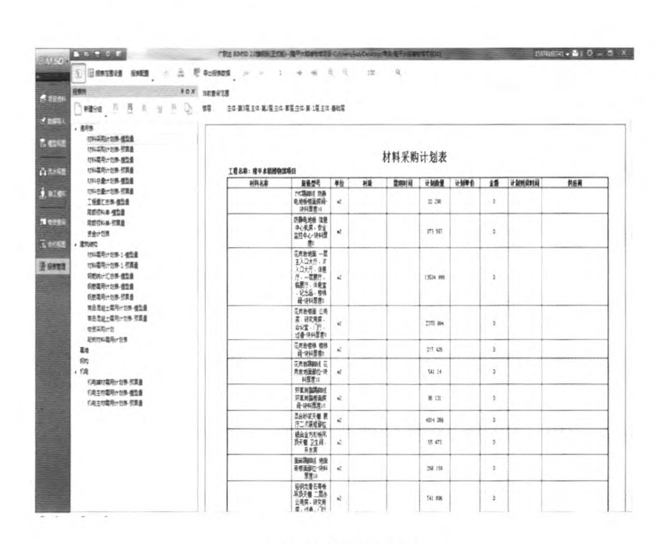
3.6　iBan 应用

项目施工过程中,施工技术人员通过 iBan 移动应用,可在施工现场使用手机拍摄施工节点,将有疑问的节点照片上传到系统后台终端,与 BIM 模型相关位置进行对应,在安全、质量会议上解决问题非常方便,大大提高工作效率。项目部资料员可及时将设计变更、工程联系单扫描上传至终端,方便施工技术人员快捷的查阅。另外,项目部所有管理者均可通过手机第一时间看到,工程管理变得更加广泛、透明、快捷、高效。

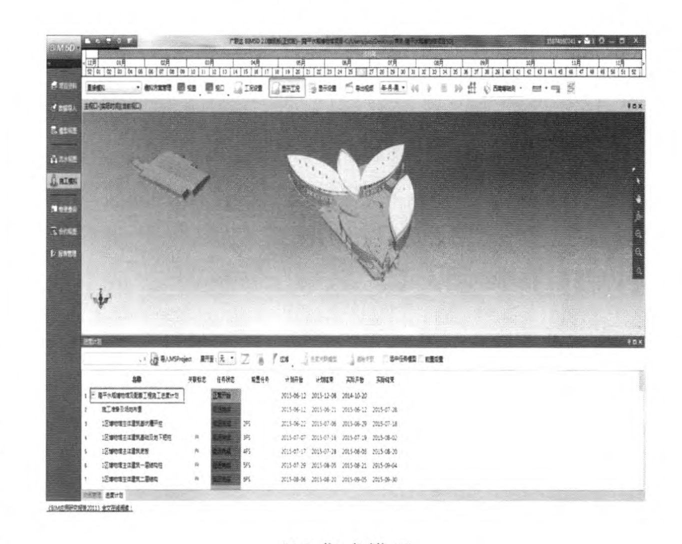
5　结语

隆平水稻博物馆建设项目在施工过程中,采用 BIM 技术对双曲薄壳混凝土屋面的支模、工程量统计、施工测量起到了科学的指导作用; 采用 iBan 移动应用技术,使项目管理更加广泛、透明、高效与快捷。通过 BIM 技术的施工应用,显著缩短了工期,节约了成本,获得了较好的社会效益和经济效益。

说明:本工程 BIM 技术应用荣获湖南建工集团首届“超越杯”BIM 大赛综合奖二等奖(2015 年度)、首届中国建设工程 BIM 大赛单项奖二等奖(2015 年度)。



(a)材料采购计划表



(b)集成模型

图 12　项目施工 BIM5D 应用

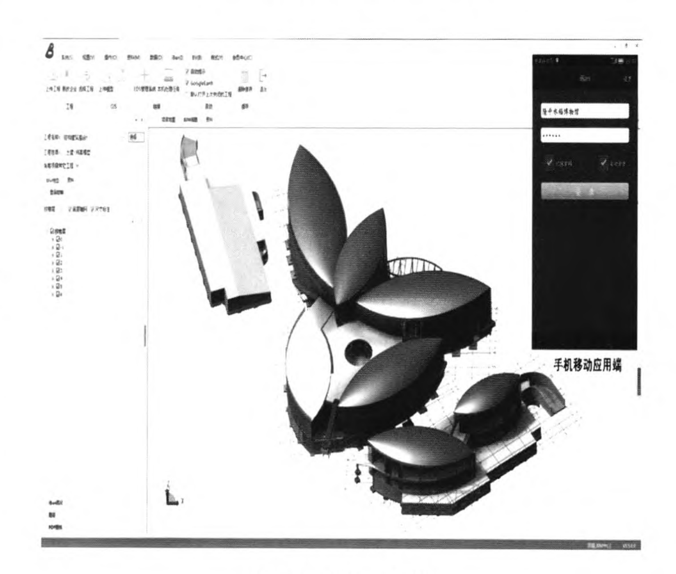


图 13　iBan 应用

参考文献

[1] 高永刚，李光金，董智力等. BIM 技术在银川火车站工程中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术，2010，3(2)：72-75.

[2] 秦凯凯. BIM 技术在大型建筑安装工程中的应用[J]. 建筑施工，2014，36(2)：171-173.

[3] 李亭亭，吴献，尹莉等. BIM 技术在工程建设项目中的应用研究[J]. 土木建筑工程信息技术，2014，6(1)：92-95.

[4] 任锦龙，毛路，荣慕宁. BIM 技术在工程中的综合应用[J]. 建筑技术，2012，43(11)：971-974.

[5] 马洪娟，姚守俨. BIM 技术在广西体育中心网球馆项目施工中的应用探讨[J]. 土木建筑工程信息技术，2011，3(3)：40-44.

[6] 周春波. BIM 技术在建筑施工中的应用研究[J]. 青岛理工大学学报，2013，34(1)：51-54.

[7] 马洪娟，姚守俨，戈祥林等. BIM 技术在南宁规划展示馆项目施工中应用体会[J]. 土木建筑工程信息技术，2011，3(4)：82-86.

[8] 龙腾，唐红，吴念等. BIM 技术在武汉某高架桥工程施工中的应用研究[J]. 施工技术，2014，43(3)：80-83.

[9] 张建平，李丁，林家瑞等. BIM 在工程施工中的应用[J]. 施工技术，2012，41(371)：10-17.

[10] 侯兆新，杜艳飞，杨洋等. BIM 在新加坡环球影城主题公园项目中的应用[J]. 施工技术，2012，41(377)：68-71，86.

[11] 高永刚，李光金. 基于 BIM 可视化技术在杭州东站中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术，2010，2(4)：55-58.

[12] 曾大林，赵灵敏，岳广飞. 济南西客站站前广场地下工程 BIM 应用[J]. 土木建筑工程信息技术，2012，4(2)：71-77.

[13] 赵灵敏，岳广飞. 山东省文化中心项目 BIM 应用实践[J]. 土木建筑工程信息技术，2011，3(4)：51-57.

[14] 杨蘋，徐金圣，刘永达. 长江传媒大厦项目 BIM 技术应用的实践与探索[J]. 土木建筑工程信息技术，2014，6(5)：102-106.

[15] 2011～2015 年建筑行业信息化发展纲要[Z]. 北京：中华人民共和国住房和城乡建设部，2011.

[16] 关于征求关于推荐 BIM 技术在建筑领域应用的指导意见(征求意见稿)意见的函[Z]. 北京：中华人民共和国住房和城乡建设部，2013.

[17] 关于推进建筑业发展和改革的若干意见[Z]. 北京：中华人民共和国住房和城乡建设部，2014.

[18] 施工企业 BIM 应用研究(一)[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2013.

[19] BIM 深度应用与发展[R]. 北京：中国城市出版社，2015.

[20] 关于开展建筑信息模型应用工作的指导意见[Z]. 湘政办发[2016]7 号，长沙：湖南省人民政府办公厅，2016.

Application of BIM Technology in Hyperbolic Concrete Shell Roof Construction

Huang Zonggui[1], Zhang Mingliang[1,2], Zhou Jin[1],
Li Sai[1], Li Penghui[1], Yang Chao[1]

(1. *Hunan No. 6 Engineering Co., Ltd., Changsha* 410015, *China*;
2. *College of Resources and Planning Sciences*, *Jishou University*, *Zhangjiajie* 427000, *China*)

Abstract: BIM technology used by Longping Rice Museum construction process plays a very good guiding role in the construction site layout, hyperbolic shell concrete roof formwork, quantity statistics and construction survey. At the same time, the use of iBan mobile application technology realizes project management in a wider range and in a quicker and more transparent and efficient way. Through the application of BIM technology, the construction period is shortened, the cost is saved, and better social and economic benefits are obtained.

Key Words: BIM; Hyperbolic Roof; Engineering Application; Information; Project Management